

## INFLUENCIA DEL FOTOPERÍODO Y LA RADIACIÓN SOLAR SOBRE LA FECHA DE FLORACIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN LA REGIÓN CENTRAL DE CUBA

## INFLUENCE OF PHOTOPERIOD AND SOLAR RADIATION ON THE DATE OF FLOWERING OF SUGAR CANE IN CENTRAL REGION OF CUBA

Víctor Caraballoso <sup>1</sup>, Héctor García <sup>1</sup>, Héctor Jorge <sup>1</sup>, Miguel García <sup>2</sup>, Jorge Pérez<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigaciones de la caña de azúcar (INICA).<sup>2</sup> Instituto Nacional de Meteorología, Sancti Spíritus.<sup>3</sup> Instituto Nacional de Geofísica y Astronomía.

### Resumen

El objetivo del presente trabajo fue definir la influencia que produce el fotoperíodo y la radiación solar sobre la fecha de floración de la caña de azúcar con fines de su uso en el mejoramiento genético del cultivo en la región central de Cuba. Para ello se emplearon 80 variedades las que se plantaron en tres zonas ubicadas alrededor del paralelo 22, en diferentes altitudes de la zona Central de Cuba (Guayos, Buenos Aires y Mayarí) y se les determinó la fecha o días a inicio de floración durante 14 años (1996 a 2009) y se asociaron con datos del clima (Insolación) y datos astronómicos (hora de salida y de puesta del sol). Como resultado se encontró que en la zona de estudio el período de inducción floral se produce entre el 4 y 29 de Septiembre (26 días efectivos) y que en este tiempo el día va decreciendo como media 1,15 minutos diarios, no se encontraron diferencias en el fotoperíodo para la zona de estudio, pero si en la insolación entre las altitudes y años estudiados, favoreciendo insolaciones menores en el período inductivo a 100 y 400m de altitud y valores altos en el período post inductivo a 800m. En el trabajo se definen los períodos por lo que pasa la flor hasta su salida final.

**Palabras clave:** caña de azúcar, floración, insolación, fotoperíodo, región central.

### Abstract

The objective of the present work was to define the influence that you produce the photo period and the solar radiation on the date of flowering of the sugar cane with intentions of his use in the genetic improvement of the cultivation at the central region of Cuba. The ones that drank at three located zones around the parallel 22, in different altitudes of the Central of Cuba used 80 varieties themselves for it (Guayos, Buenos Aires and Mayarí) and they determined the date to them or days to start of flowering during 14

years ( 1996 to 2009 ) and they associated with data of the climate ( Insolation ) and astronomic data ( hour of sunrise and sunset). As a result you met than the period of floral induction produces between the 4 and September 29 itself at the survey area ( 26 effective days ) and than in this time the day matches decreasing on average 1.15 daily minutes, differences in the fotoperíodo for the survey area did not find themselves, but if in the insolation between the altitudes and studied years, favoring minor insolations in the inductive period to 100 and 400m of altitude and loud moral values in the period after inductive to 800m. They define periods at work so that you pass the flower to his final exit.

**Key words:** Sugarcane, flowering, insolation, photoperiod, central region.

## 1. Introducción

En algunas especies, el control de la floración parece tener origen puramente interno y la floración de cada individuo tiene lugar como una respuesta a su edad o a su tamaño. En otras esta determinada por algunas factores climatológicos especial o por conjunto de influencias exteriores (Bonner y Galston, 1968).

Para la caña de azúcar el estímulo que ha de transformar la yema apical vegetativa de tallo en yema floral reproductiva requiere para ser suficiente, un cierto número de condiciones, ante todo parece ser que este estímulo es acumulativo, es decir, que las condiciones favorables deben reproducirse durante cierto número de días para ser eficaces (Fauconier y Basserau, 1980).

La floración en la caña de azúcar se encuentra influenciada tanto por factores ambientales como fotoperíodo, temperatura, humedad del suelo, insolación o brillo solar, intensidad de la luz solar, fertilidad del suelo, latitud y altitud; y por factores propiamente de la planta como edad fisiológica, sensibilidad de la variedad para florecer y estado nutricional de la planta (Morales, 1982, Sam, 1989; Moore y Nuss, 1987; Viveros, 1990; Castro, 1996; Nuss y Berding, 1999; Soto, 1999).

Las plantas responden a las alteraciones de los periodos de luz y oscuridad de un cierto número de manera distinta. La floración fue la primera respuesta fotoperiódica que se descubrió (Devlin, 1982).

Este fenómeno fue descubierto tan temprano como 1920 por Garner y Allard. En la caña de azúcar uno de los primeros reportes del fotoperíodo fue realizado por Sartoris (1938) sobre el clon 28NG292 de *S. spontaneum*.

Además de esto el período de oscuridad desempeña una participación importante en la respuesta fotoperiódica, ya que una interrupción de la noche inhibe el florecimiento de las plantas de día corto y estimula el de plantas de día largo. Al parecer el fitocromo detecta la luz y su eficacia depende del tiempo de irradiación (Salisbury y Ross, 1994).

Muchos autores consideran la caña como de días cortos (Burr, 1950; Arrivillaga, 1988), intermedia (Sartoris, 1938; Clements, 1968), mientras que Paliatseas (1963) la considera como una planta de categoría especial.

Para un clon en una latitud dada, el tiempo de floración es altamente constante, se mostró que en el Ecuador y entre 7° N y S del Ecuador, la caña de azúcar florece todo el año. La longitud del día de Ecuador (0° latitud) todo el año es alrededor de 12h-8min., la longitud del día a los 7° latitud, desde el 1<sup>ro</sup> de octubre es entre 12h-32min y 12h-3min. Cuando la distancia del Ecuador se incrementa, la floración llega a ser estacional, siguiendo los cambios en la longitud del día (Moore y Nuss, 1987).

El objetivo del presente trabajo fue definir la influencia que produce el fotoperíodo y la insolación sobre la fecha de salida de la flor de la caña de azúcar con fines de su uso en el mejoramiento genético del cultivo.

## 2. Materiales y métodos

### Ubicación del estudio

Para realizar el presente trabajo se emplearon tres localidades ubicadas alrededor del paralelo 22, pero con diferentes altitudes, representativas de la zona Central de Cuba y que pertenecen al Centro Nacional de Hibridación de la Caña de Azúcar (CNHCA), y cuyas ubicaciones aparecen en la tabla 1.

**Tabla 1.** Ubicación geográfica de las localidades del estudio

Localidad	Coordenadas (°)		Altitud (m SNM)
	Latitud norte	Longitud oeste	
Guayos	22.05	79.45	100
Buenos Aires	21.90	79.57	400
Mayarí	21.97	80.11	800

m SNM = metros sobre el nivel del mar.

El estudio abarcó 15 años (1995-2009).

Material vegetal:

Para el estudio se plantaron 80 variedades de amplio uso en el mejoramiento del cultivo, en cada una de las zonas, a las que se evaluó:

-Fecha de inicio de floración: Se consideró como inicio, cuando habían brotado el 25 % de las flores.

En todos los casos se emplearon las variedades que florecieron en las tres localidades y la cepa de retoño, cortada en febrero y empleando la agrotecnia recomendada en Jorge et al. (2002).

Clima:

De forma paralela se determinó la insolación y nubosidad a través del Instituto de Meteorología, además la salida y puesta del sol, a través del sitio Web del Real Instituto y observatorio de la armada de San Fernando, España:

Dirección:

[http://www.armada.mde.es/ArmadaPortal/page/Portal/ArmadaEspañola/ciencia\\_observatorio/03\\_Efemerides—01\\_Sol—02\\_Salidas\\_es](http://www.armada.mde.es/ArmadaPortal/page/Portal/ArmadaEspañola/ciencia_observatorio/03_Efemerides—01_Sol—02_Salidas_es)

Del cual se obtuvo:

-Momento de salida del sol (SS)

-Momento de puesta del sol (PS)

Lo cual permitió calcular:

-Fotoperíodo: Diferencia entre la puesta y salida del sol.

-Declinación del día: Promedio de disminución diaria del día.

Con estos datos se procedió a definir las etapas o períodos de la floración:

-Período juvenil: Tiempo que va desde la germinación o retoñamiento de la planta al inicio del período de inducción.

-Período inductivo: Tiempo que va desde el valor crítico de 12h: 30min. (Moore y Nuss, 1987; Nuss y Berding, 1999; Nuss, 2000; Berding, 2005) hasta las 12h: 00min. (Alexander, 1973; Moore y Nuss, 1987).

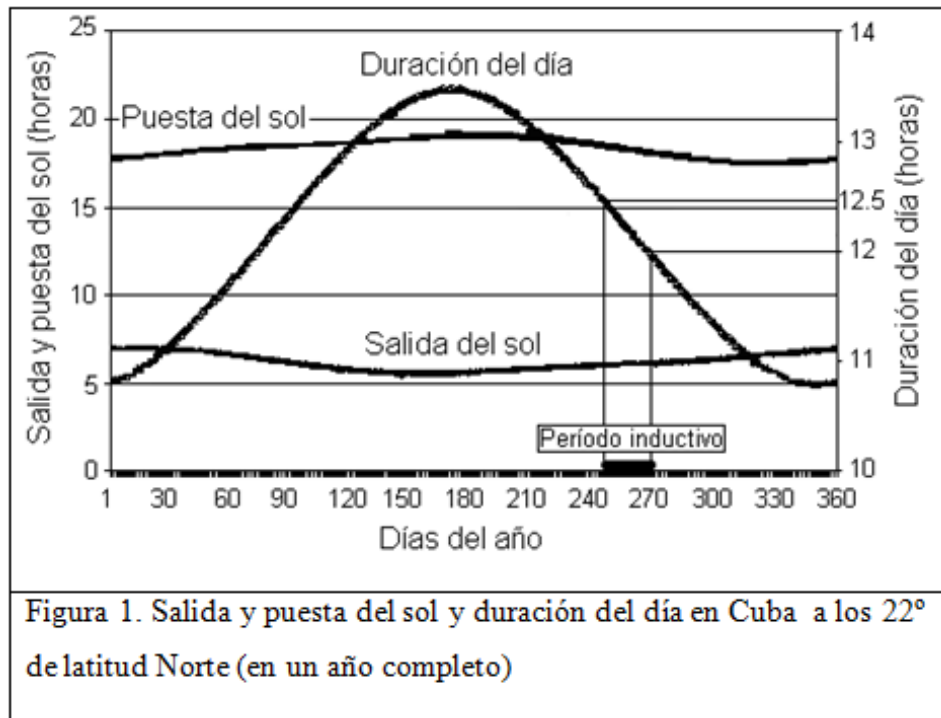
-Período post inductivo: Tiempo que va desde la completa inducción hasta la salida de la flor.

Teniendo toda esta información se relacionó los valores de insolación con las variables de floración, para cada etapa o períodos por los que pasa la floración.

### **Resultados y discusión**

Fotoperíodo a los 22° de latitud norte.

El sol se encuentra más cerca de Cuba (trópico meridional) el día 172 del año que es el 22 de junio, lo cual lo hace el día más largo, mientras que el más corto es el día 355 que coincide con el 22 de diciembre (Figura 1). La diferencia entre el día más largo (13.48 h) y el más corto (10.78 h) es de 2 horas y 40 minutos.



#### Período inductivo:

Como ya se ha señalado para que se inicie la inducción floral es necesario que el día dure 12.5 horas, esto en las condiciones del estudio se da dos veces en el año, el día 88 (29 de Marzo) y el 247 del año (4 de septiembre), pero la mayoría de los investigadores señalan que es más efectivo cuando a este valor le siguen acortamientos de los días (Moore y Nuss, 1987; Nuss y Berding, 1999; Nuss, 2000; LaBorde, 2007), lo cual ocurre en el otoño, que en el hemisferio norte es en septiembre, coincidiendo con un reporte realizado por Sam e Iglesias (1988) para las condiciones de Cuba, empleando cortes histológicos del meristemo apical. Las condiciones óptimas de fotoperíodo se extienden hasta que el día dura 12.0 horas, lo cual se da bajo estas condiciones el día 272 (29 de septiembre). Por tanto se puede definir que el período inductivo dura 26 días (del 4 al 29 de septiembre cada año).

Coleman (1967) señaló que las noches inductivas eran aditivas y que no necesitaban que fueran continuas y que se necesitaran 15 ciclos con buenas condiciones para que se produzca el 100 % de inducción.

Teniendo en cuenta lo señalado anteriormente, se decrecen en este tiempo 30 minutos, a un ritmo de 1.15 minutos (69.23 segundos) diario. Teniendo en cuenta que la mejor floración se produce, bajo condiciones naturales donde el decrecimiento es de 30 segundos diarios, motivado por un periodo más largo de exposición a un fotoperíodo óptimo (60 días), esto pudiera indicar una limitante, pero en las casas de fotoperíodo se emplean tratamientos con decrecimientos de 60 segundos diarios con buenos resultados (Holder, 1977), aunque a este se le atribuye floración más temprana (Berding y col., 2007), la que según Brett y Harding (1974) mientras más rápido es el decrecimiento hay menos iniciación, pero más emergencia. Ethirajan (1987) indica que la floración es profusa entre 5 y 15° de latitud y que en los subtrópicos es espaciada y errática.

Al definir el período inductivo se pueden determinar el período juvenil y el post inductivo.

#### Período juvenil:

Como se señaló anteriormente este se extiende desde el retoñamiento hasta el inicio del período inductivo y teniendo en cuenta que la caña fue cortada en febrero, se considera que el período juvenil se extiende de marzo a septiembre, lo que totaliza alrededor de 188 días de crecimiento previo.

Moore (1987) indica que la caña de azúcar tiene una fase de desarrollo juvenil dentro de la cual no puede ser inducida a florecer y que los clones de floración abundante tienen una fase juvenil más corta y por último señala que esta fase se puede extender con aplicaciones de nitrógeno, pero no se han reportado reducciones de esta fase.

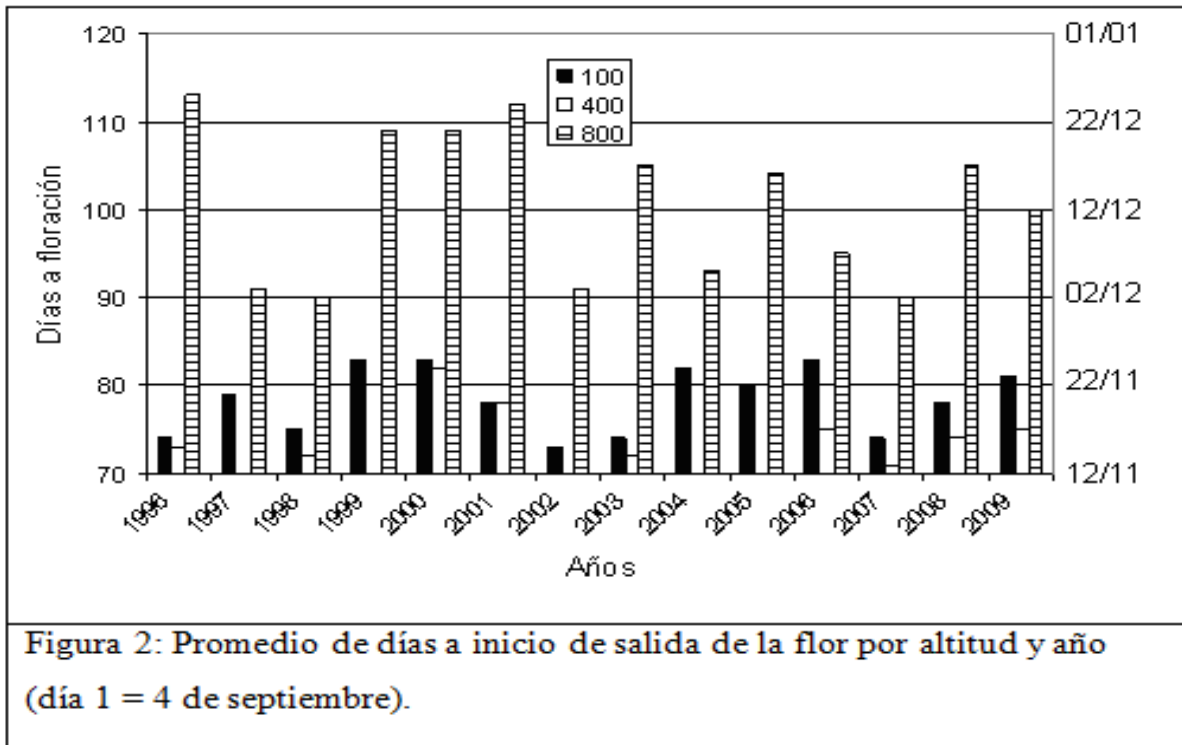
Arceneaux (1967), señala que la planta necesita ciertas condiciones de desarrollo para la inducción floral,

un periodo previo de crecimiento vegetativo vigoroso ante el periodo de inducción aparece como favorable para la iniciación floral.

En Cuba, Morales (1982) encontró que la edad mínima para que se induzca la floración esta entre 3.5 y 7 meses, según sea la variedad de floración temprana o tardía.

Período post inductivo:

Teniendo en cuenta que este se extiende desde que la floración ha sido inducida hasta que sale al exterior, se puede asumir que en las condiciones del estudio esta se extiende desde finales de septiembre (final del período inductivo) hasta noviembre (floración temprana) o diciembre (floración tardía), como se muestra en la figura 2, la que depende de la altitud de plantación, sin grandes diferencias entre 100 y 400 m de altitud, pero si con los 800m donde la floración es tardía, llegando a diferencias de 27 y 23 días como promedio, respectivamente.



En este estudio el valor promedio mínimo se presentó a los 66 días (8 de noviembre) y el máximo el día 113 (25 de diciembre). El tiempo de la inducción a la salida de la flor varia teniendo en cuenta factores genéticos y ambientales, con valores entre 70 y 100 (James y Miller, 1972); en Cuba Sam e Iglesias (1988) reportan 85 días.

Relación entre la insolación y la fecha de floración

Existe una fuerte relación entre la floración temprana y la alta intensidad (Moore, 1987; Moore y Nuss, 1987), por tanto cuando en un mismo sitio la floración sale más tardía, esta va a ser menos intensa.

Al analizar la tabla 2 se aprecia que en el período juvenil la insolación es suficiente para las tres altitudes, pues no afecta la fecha de salida de la flor, pero en el período inductivo al aumento de la insolación la floración se hace más tardía a 100 y 400m SNM, sin afectaciones a 800m. En el período post inductivo aumentos en la insolación favorecen la salida más rápida de la flor a 800m y no influyen para el resto de las altitudes, aquí hay que tener en cuenta que a mayor insolación se produce un aumento de la temperatura, lo cual favorece el crecimiento de la panícula.

**Tabla 2.** Coeficientes de correlación de la fecha o días a floración y la insolación por altitud.

Período	Altitud		
	100	400	800
Juvenil	-0.01	0.18	-0.20
Inductivo	0.59**	0.38*	0.04
Post inductivo	0.24	0.05	-0.30*

\*, \*\* = Diferencias significativas al 0.05 y 0.01 de probabilidad.

Arceneaux (1967) señala la necesidad de un período previo de crecimiento vegetativo, vigoroso antes de la inducción y posterior a esta se necesitan condiciones ambientales que conduzcan a un rápido crecimiento.

### Conclusiones

-El período inductivo de la floración en la zona central de Cuba se ubica entre el 4 y 29 de septiembre, durante el cual se produce un decrecimiento de 69 segundos, como promedio diario, el cual debe estar precedido de un período juvenil de 180 días de crecimiento de la planta y la salida de la flor se produce entre los 66 y 113 días como promedio, posteriores al inicio de la inducción, lo cual depende de la altitud y el año.

-No existen diferencias en el fotoperíodo en la zona central, pero si existen diferencias en la insolación para las altitudes y años estudiados, favoreciendo insolaciones menores en el período inductivo a 100 y 400m de altitud y valores altos en el período post inductivo a 800m.

### Recomendaciones

-Buscar facilidades que permitan explotar los resultados aquí obtenidos.

-Estudiar otros factores del clima que pudieran estar influyendo en la salida de la flor.

### Bibliografía

1. Alexander, A.G. 1973. Sugarcane Physiology: A comprehensive Study of the *Saccharum* Source-to-Sink System. Elsevier, Amsterdam. 752 pp.
2. Arceneaux, G. 1967. Flowering of sugarcane. Proc. ISSCT. 12: 781-784.
3. Arrivillaga, J. 1988. Floración de la caña de azúcar. Revista ATAGUA 5:7-16.
4. Berding, N. 2005. Poor and variable flowering in tropical sugarcane improvement program: Diagnosis and resolution of major breeding impediment. Proc. ISSCT. 25: 493-503
5. Berding, N.; R.S. Pendrigh and V. Dunne. 2007. Can flowering in sugarcane be optimised by use of differential declinations for the initiation and development phases?. Proc. ISSCT. 26: 699-711.
6. Bonner, J. y A.W. Galston. 1968. Principios de Fisiología Vegetal. Ed. Revolucionaria, La Habana. 485 pp.
7. Brett, P.G.C. and R.L. Harding. 1974. Artificial induction of flowering in Natal. Proc. ISSCT. 15: 55-66.
8. Burr, G.D. 1950. The flowering of sugarcane. Report Hawaiian. Sugar Tech. 9: 47-49.
9. Castro Pérez, S. 1996. Planeamiento y selección de un programa de mejoramiento de caña de azúcar. La Habana, Cuba, s.e. 16 p.
10. Clements, H.F. 1968. Lengthening versus shortening dark period and blossoming in sugarcane as affected by temperature. Plant physiology. No 43: 57-60.
11. Coleman, R.E. 1967. Some aspects of flowering stimulus production in sugarcane. Proc. ISSCT 12: 813-818.
12. Devlin, R.M. 1982. Fisiología Vegetal. Ed. Pueblo y Educación. La Habana, 468 pp.
13. Ethirajan, A.S. 1987. Sugarcane hybridization techniques. Copersucar Int. Sug. Breeding workshop: 129-146.
14. Fauconier, R. y D. Bassereau. 1980. La Caña de Azúcar. Ed. Científico Técnica, La Habana. 369 pp.

15. Holder, D.G. 1977. Enhancement of flowering in Clewiston varieties by controlled photoperiods.
16. James, N.I. and J. D. Miller. 1972. Shoot apex development in early-mid- and late season flowering sugarcane clones. Proc. ISSCT. 14: 334-340.
17. Jorge H., R. González; M. A. Casas e Ibis Jorge (Ed.). 2002. Normas y procedimientos del programa de mejora genética de la Caña de Azúcar en Cuba. Boletín No. 1 Revista Cuba & Caña, INICA. 315 pp.
18. LaBorde, C. 2007. Sugarcane tasseling under artificial photoperiod condition as affected by nitrogen rate and temperature. Thesis Philosophy.
19. Moore, P.H. and K. J. Nuss. 1987. Flowering and flower synchronization. In: Heinz, D. J. (ed.) Sugarcane Improvement through breeding, Elsevier, Amsterdam: 273-311.
20. Moore, P.H. 1987. Physiology and control of flowering. Copersugar's International sugarcane breeding workshop: 103-127
21. Morales, F. 1982. Influencia del fotoperíodo y otros factores sobre la floración de la caña de azúcar en la República de Cuba. Tesis Doctor, Leningrado.
22. Nuss, K.J. 2000. Long-term benefits accrued from photoperiod facilities for the breeding and selection programme at Mt. Edgecombe, South Africa. 6th ISSCT breeding workshop Barbados.
23. Nuss, K.J. and N. Berding. 1999. Planned recombination in sugarcane breeding: artificial initiation of flowering in sugarcane in subtropical and tropical conditions: 202-205
24. Paliatseas, E.D. 1963. Further studies on flowering of sugarcane in Louisiana. Proc. ISSCT. 11: 504-515.
25. Salisbury, F.B and C.W. Ross. 1994. Fisiología vegetal. México, Iberoamérica. 759 p.
26. Sam, Ofelia y R. Iglesias. 1988. Estudio de los primeros estadios de la inflorescencia de la caña de azúcar. Revista ATAC 4: 2-7.
27. Sam, Ofelia. 1989. Estudio de la floración en caña de azúcar. Tesis de Doctor, La Habana.
28. Sartoris, G.B. 1938. The behavior of sugarcane in relation to length of day. Proc. ISSCT. 6: 796-801.
29. Soto, G.J. 1999. Floración en caña de azúcar (*Saccharum* spp.) y su relación con rendimientos. Revista Agricultura 17: 21-25.
30. Viveros, C.A. 1990. Efecto de la edad de la planta y de varios tratamientos foto inductivos en la inducción de la floración de la caña de azúcar. Colombia, CENICAÑA. 63 p.